

Perspectives de recherches en protection phytosanitaire du cotonnier dans un contexte d'intensification écologique des systèmes de culture



Dans le contexte de cet exposé, protection phytosanitaire du cotonnier :

- **Enherbement**
- **Ravageurs Arthropodes
(acariens, insectes)**



Ravageurs du groupe des Arthropodes (acariens, insectes)

Agallia albidula



Spodoptera spp.



Anthonomus grandis



Pectinophora gossypiella



Bemisia tabaci



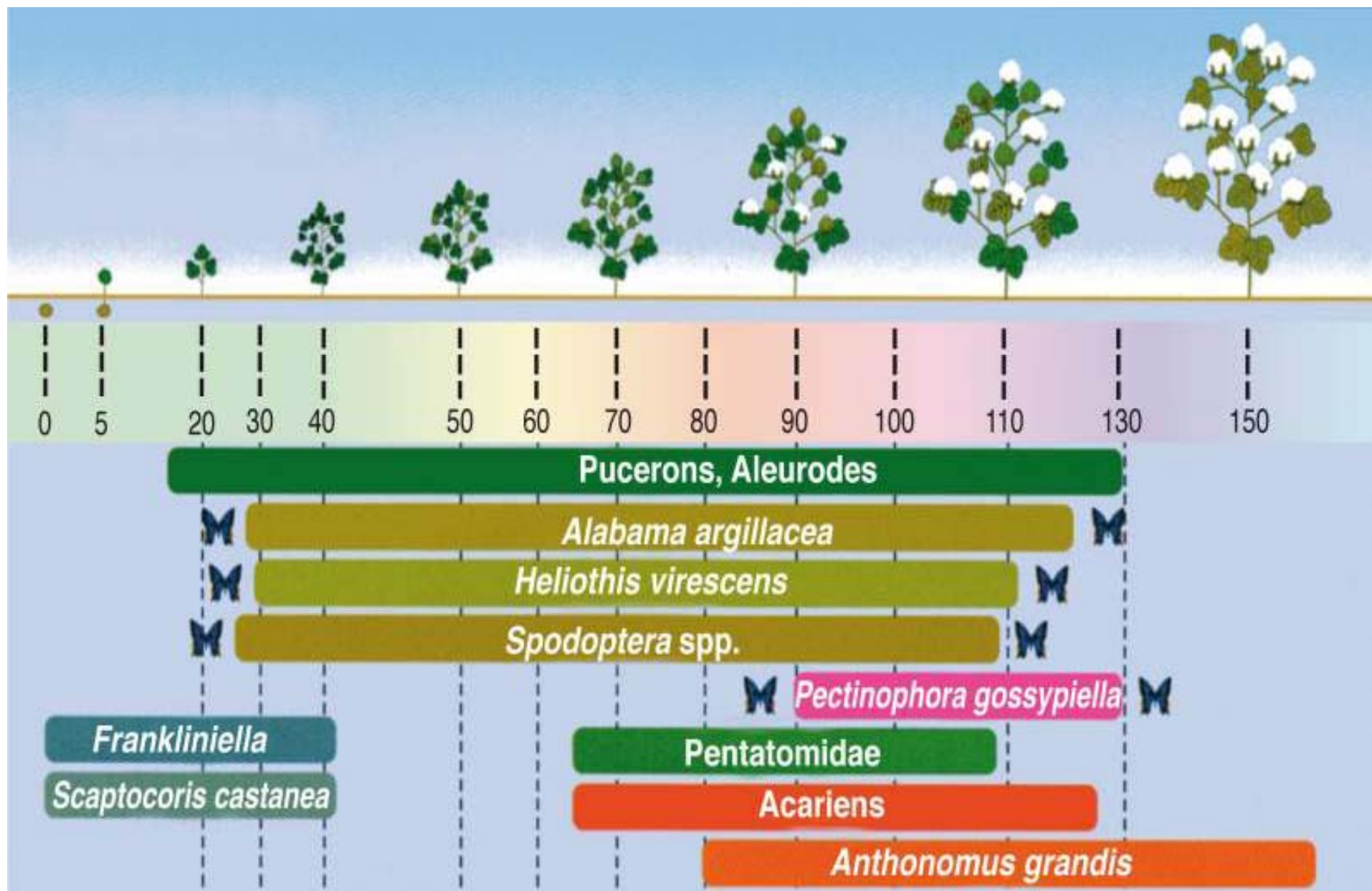
Heliothis virescens



Spodoptera frugiperda

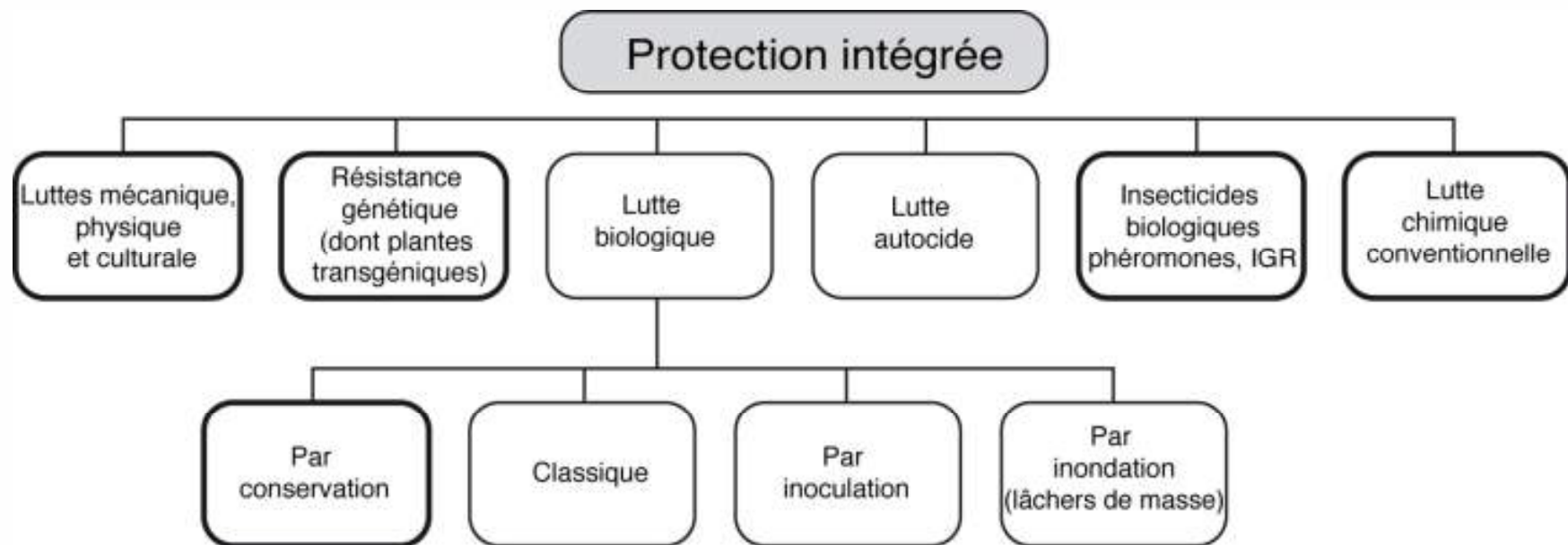


Alabama argillacea



« Technologies » disponibles pour le management des ravageurs

Concept/paradigme = IPM = MIP



(source : Eilenberg *et al.*, 2001, traduit)

Intensification écologique: un nouveau concept au CIRAD

« L'intensification écologique, c'est **concevoir** des systèmes de production durables, **plus économes en intrants et moins nocifs pour l'environnement**, c'est aussi **créer** des variétés **mieux adaptées à leur milieu, inventer de nouvelles techniques de lutte** contre les maladies et les ravageurs. C'est **comprendre** le fonctionnement de la nature pour exploiter ses ressources sans la détruire, et **rompre avec les pratiques fondées sur l'utilisation intensive et massive de pesticides, d'engrais chimiques, d'eau et d'énergie fossile** ».

(Source: site web CIRAD)

Intensification écologique: décliné en 5 questions

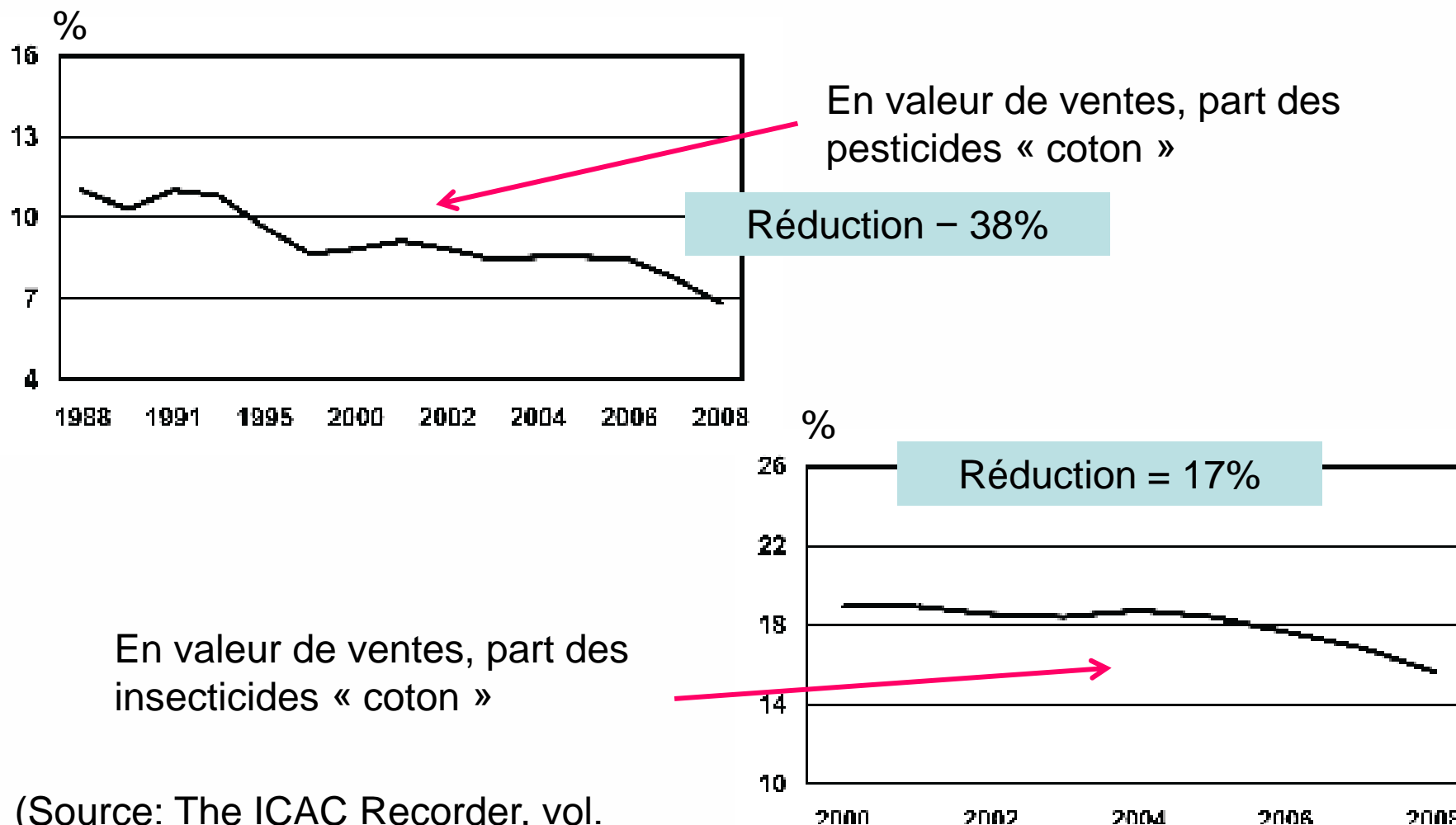
- Quelles **variétés** pour faire face aux bio agresseurs et utiliser au mieux des ressources en eau limitées ?
- Comment concevoir des **systèmes de production** qui intègrent les **savoirs locaux**, s'insèrent sans dommage dans leur environnement et répondent aux besoins des consommateurs ?
- Comment les plantes interagissent-elles avec les micro-organismes et les ravageurs ?
- Sur quels **outils** s'appuyer pour faire des choix techniques pertinents ?
- Comment favoriser une innovation basée sur ces nouveaux principes dans le secteur agricole ? (site web CIRAD)

Intensification écologique: en résumé

Moins de pesticides organiques de synthèse

Plus d'environnement (Biodiversité, diversification végétale...)

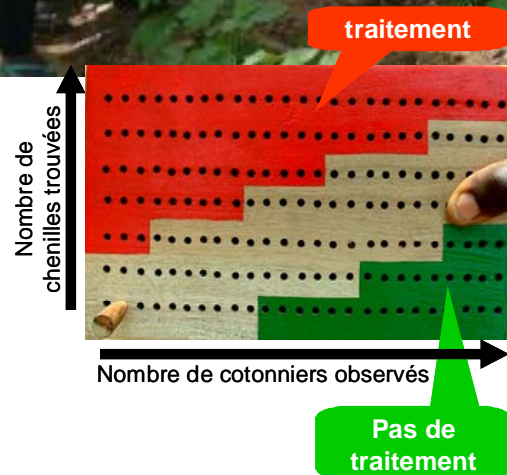
Une réduction de l'usage des pesticides/insecticides est déjà constatée



(Source: The ICAC Recorder, vol. 25 (4), décembre 2009)

Grâce à la mise en œuvre de programmes de traitements « raisonnés »

Définition de traitements sur seuil/ réduction d'utilisation des insecticides / écoles paysannes, enquêtes / Cameroun, Mali, Bénin (LEC/LOIC)



LOIC « Lutte sur observation individuelle des chenilles »

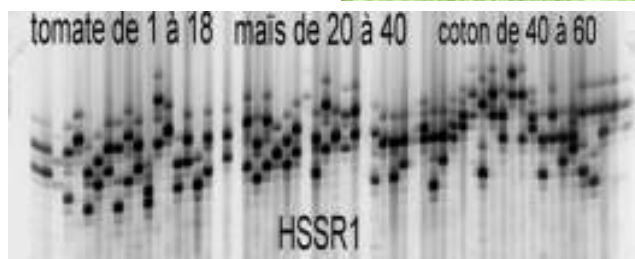
- 2200 planteurs et >1000 ha en 2009
- diminution du nombre de traitements en cas de faibles infestations
- meilleur ciblage des traitements en cas de fortes infestations
- formation participative à la gestion agronomique de la parcelle

- Brévault T., Couston L., Bertrand A., Thézé M., Nibouche S., Vaissayre M. (2009). Crop Protection.
- Nibouche S., Gozé E., Beyo J., Babin R., Brévault T. (2007). Environmental Entomology.
- Brévault T., Couston L., Bertrand A., Thézé M., Nibouche S., Vaissayre M. (2009). Crop Protection.

Etudes fondamentales complémentaires réalisées au CIRAD

Structure génétique des populations / Résistance aux insecticides / marqueurs biochimiques et moléculaires, bioessais, modélisation / Afrique de l'Ouest et Centrale

Deux modèles : *Helicoverpa armigera* et *Aphis gossypii*

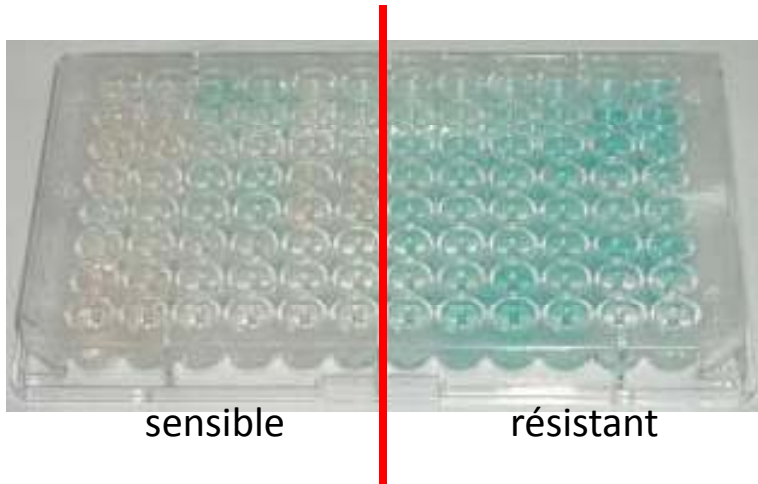


- fort brassage génétique chez *H. armigera* : pas de spécificité d'hôtes ni de structuration géographique
- reproduction clonale chez *A. gossypii* : des populations spécialisées sur différentes plantes hôtes, dont le coton
- des déplacements selon une séquence de plantes hôtes cultivées et spontanées : implications pour la gestion de la résistance

- Carletto J., Lombaert E., Chavigny P., Brévault T., Lapchin L., Vanlerberghe-Masutti F. (2009). Molecular Ecology.
- Vassal J.M., Brévault T., Achaleke J., Menozzi P. (2008). Communication in Agricultural and Applied Biological Sciences, Ghent University
- Brévault T., Carletto J., Linderme D., Vanlerberghe-Masutti F. (2008). Agricultural and Forest Entomology.

Etudes fondamentales complémentaires réalisées au CIRAD

Mise en évidence des mécanismes de résistance/ *Helicoverpa armigera* /pyréthrinoïdes et *Aphis gossypii* / pyréthrinoïdes et OP / Afrique de l'Ouest et Centrale



- chez *H. armigera*: détoxification enzymatique (P450, estérases), dominance, coût associé
- chez *A. gossypii*: prévalence d'un « superclone » multi-résistant, modification de cible et détoxification enzymatique
- implications pour la gestion de la résistance



- Carletto J., Martin T., Vanlerberghe-Masutti F., Brévault T. (2010). Pest Management Science.
- Achaleke J., Brévault T. (2010). Pest Management Science.
- Achaleke J., Martin T., Ghogomu R.T., Vaissayre M., Brévault T. (2009). Pest Management Science.
- Brévault T., Achaleke J., Sougnabé S.P., Vaissayre M. (2008). Bulletin of Entomological Research.
- Hema O. Mécanismes et gènes de résistance chez *H. armigera*. Projet GeRICo (thèse INERA, en cours)

L'usage de la diversification végétale est en marche...cf. coton « bio »



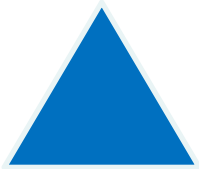
Systèmes de cultures/production: un nouveau concept ?

Ensemble de parcelles cultivées (peuplements d'espèces)

Mais également, prise en compte d'une échelle d'analyse supérieure:

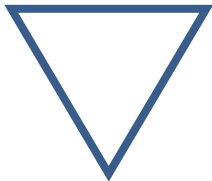
- * Alentours immédiats des parcelles cultivées
- * Paysage/terroir
- * Région

Deux dimensions nouvelles dans les projets de recherche



Savoirs locaux
(étude Kenya)

Ecologie spatiale

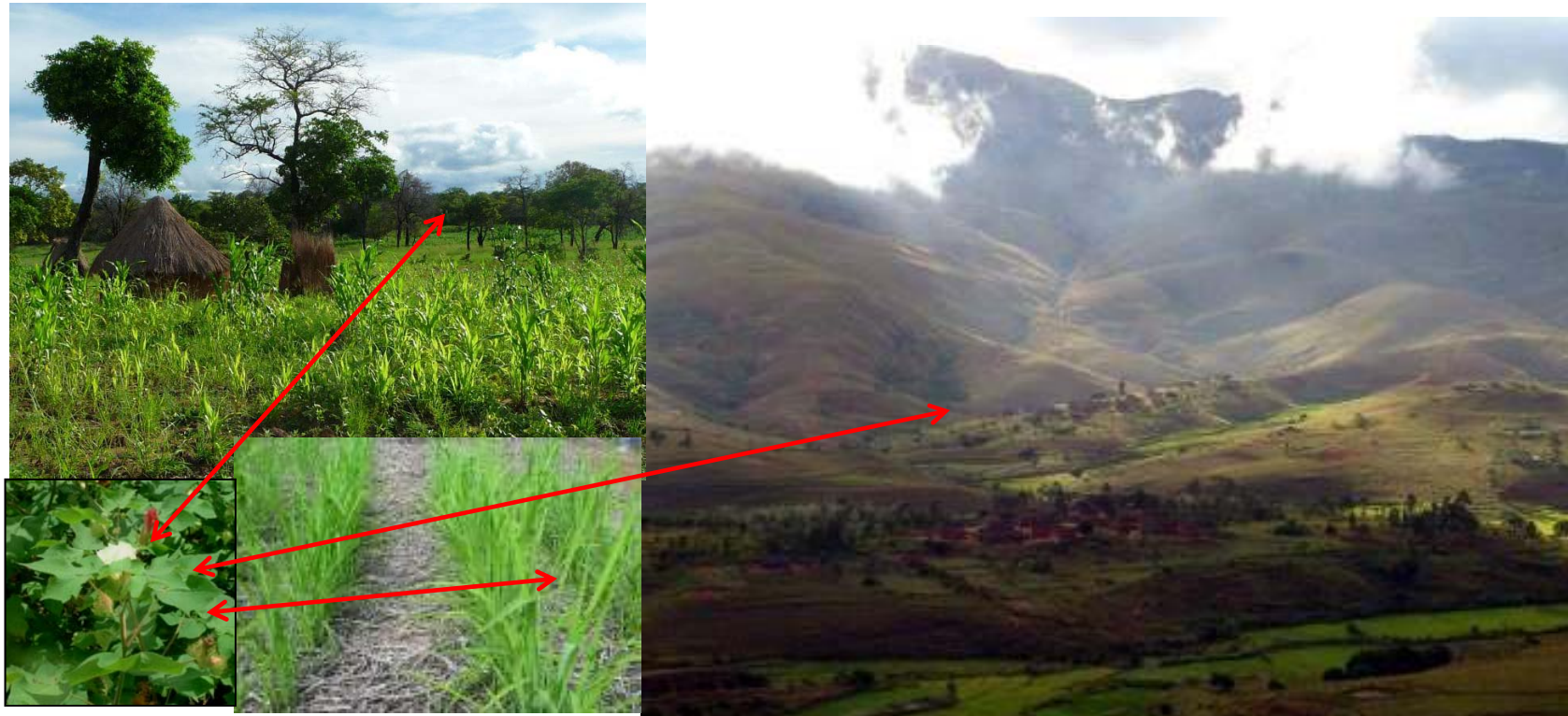


Observations des pratiques de gestion de la fertilité
et des bio-agresseurs au champ mais aussi dans
les autres espaces des territoires étudiés

Ecologie spatiale

Analyser l'influence de l'environnement ou d'aménagements du paysage sur

- la dynamique des populations de bio agresseurs (migration, courte distance)
- les composantes de la protection intégrée (ennemis naturels)



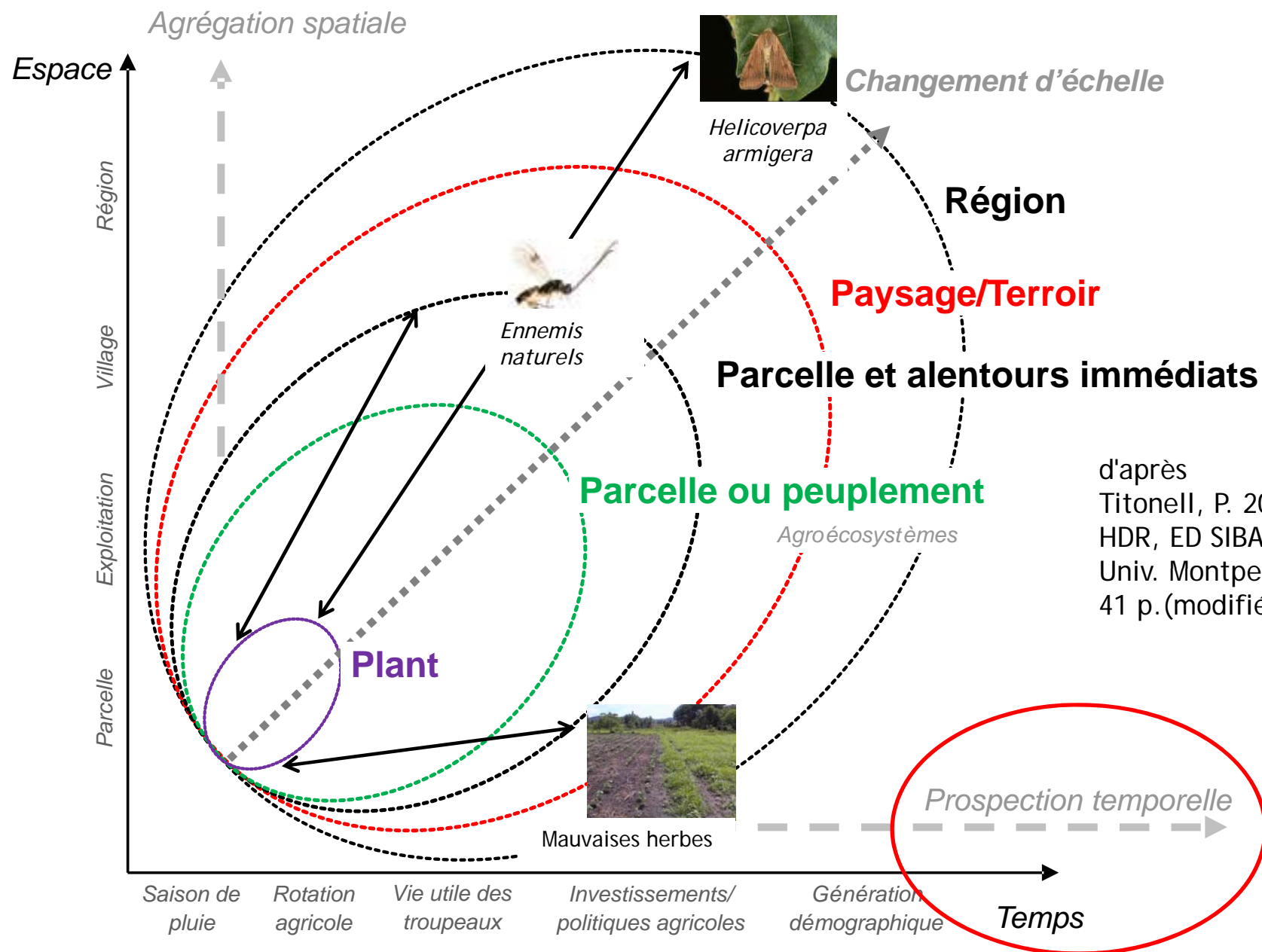
Quelles conséquences pour la Recherche Cotonnière dans les pays africains au sud du Sahara ?

Recherches en cours au CIRAD

Une Unité de recherche +
une Action thématique programmée (ATP)
concernées par les ravageurs du cotonnier

Equipe CARABE (UR SCA)
ATP Oméga3 (URs HORTSYS et SCA)

Représentation schématique (« modèles » UR SCA CIRAD)



d'après
Titonell, P. 2009.
HDR, ED SIBAGHE
Univ. Montpellier 2
41 p.(modifié)

Echelle régionale



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2010 Cnes/Spot Image
Image © 2010 TerraMetrics

12°05'55.56" N 1°48'32.49" O élév. 258 m

©2009 Google

Altitude 3126.47 km

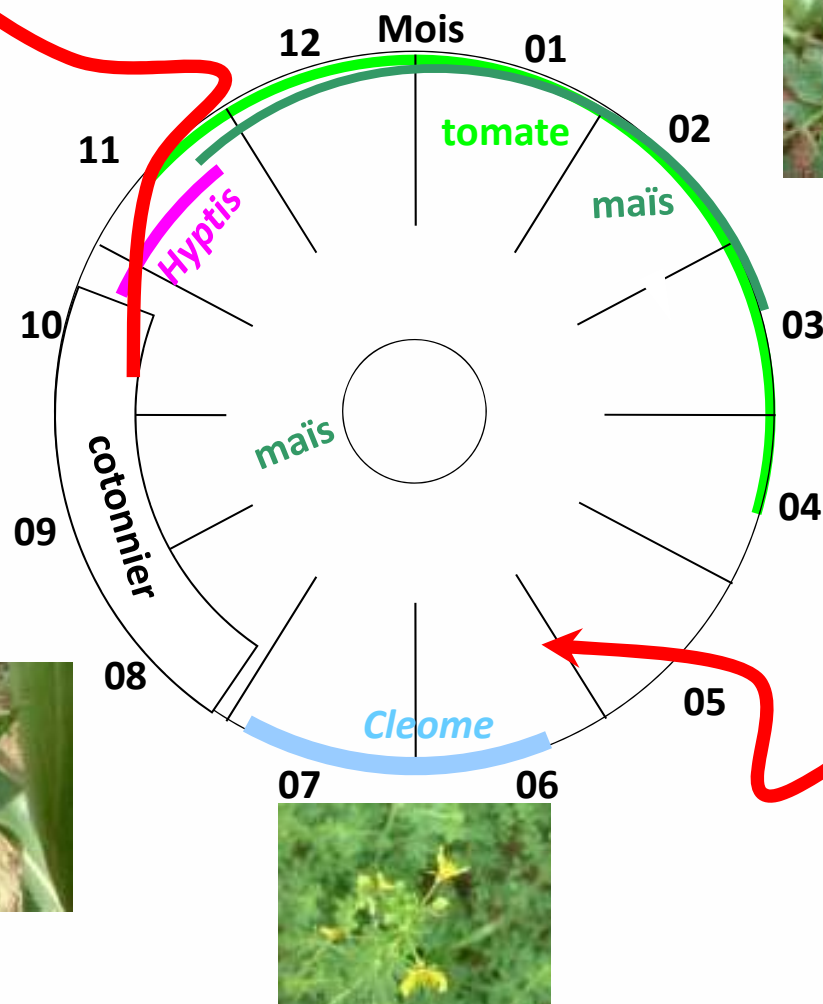


geocoton

Utilisation des ressources

Helicoverpa armigera

émigration



vs. local diapause

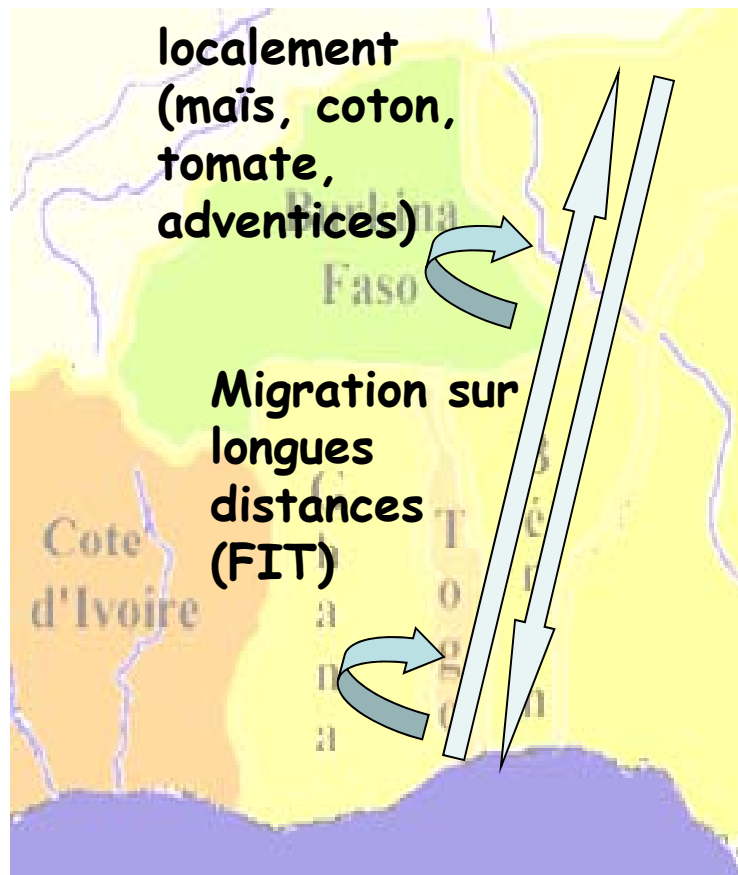


immigration



Comprendre l'utilisation spatio-temporelle des ressources et les phénomènes migratoires

Projet FSP Coton (Afrique de l'Ouest)



- Thèse Noelline Tsafack Menessong (UMR Dynafor)
- Co encadrement: Philippe Menozzi (CIRAD-Africa Rice)
- Terrains prioritaires : Bénin, Burkina Faso

- Développement de marqueurs moléculaires et chimiques:
 - * isotopes stables ^{12}C et ^{13}C (plante)
 - * isotopes stables ^1H et Deutérium (région)
 - * traceurs phytochimiques (gossypol, tomatine)
 - * polymorphisme de la flore microbienne hébergée par le ravageur (bactéries, levures)
- Modèles de dynamique des populations et de diffusion des gènes de résistance
- Approche multi-échelle

Parcelle et ses alentours



Gérer les enherbements

écologie des populations de mauvaises herbes



- traits de vie des mauvaises herbes / modélisation des infestations
- aléas climatiques en début de cycle / changement climatique
 - ➔ mise en œuvre des pratiques de désherbage



Gérer les enherbements

opérations culturales et pratiques de désherbage -
limiter l'emploi des herbicides



- nouvelles pratiques (faux-semis, couverture végétale, paillis, etc.) :
 - ➔ faisabilité et facteurs d'adoption
- capacités de travail (sarclage) au niveau de l'exploitation agricole



Gérer les enherbements

risques de résistance et cotonnier génétiquement modifiés



Introduction de cultures résistantes au glyphosate

- ➔ suivre les inversions de flore
- ➔ gérer les cas de résistance de mauvaises herbes

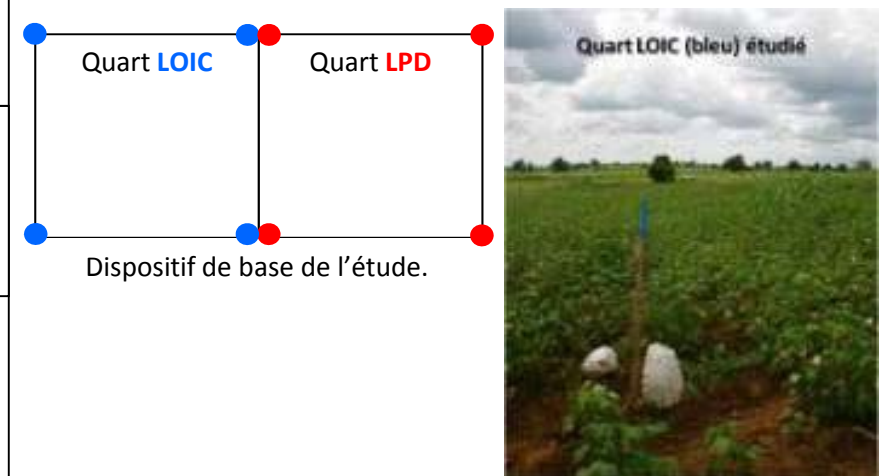
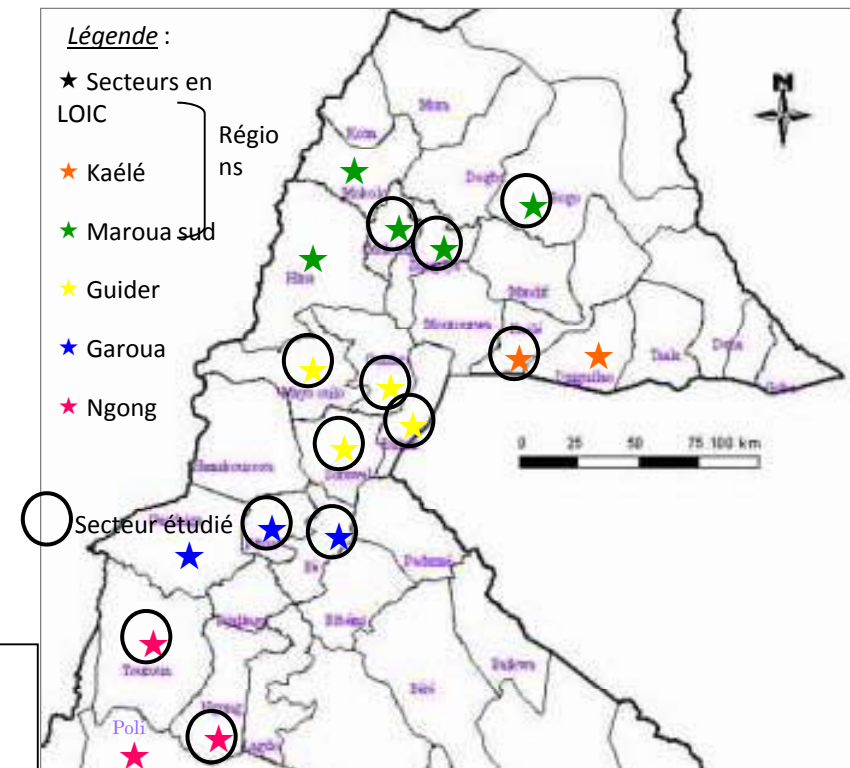
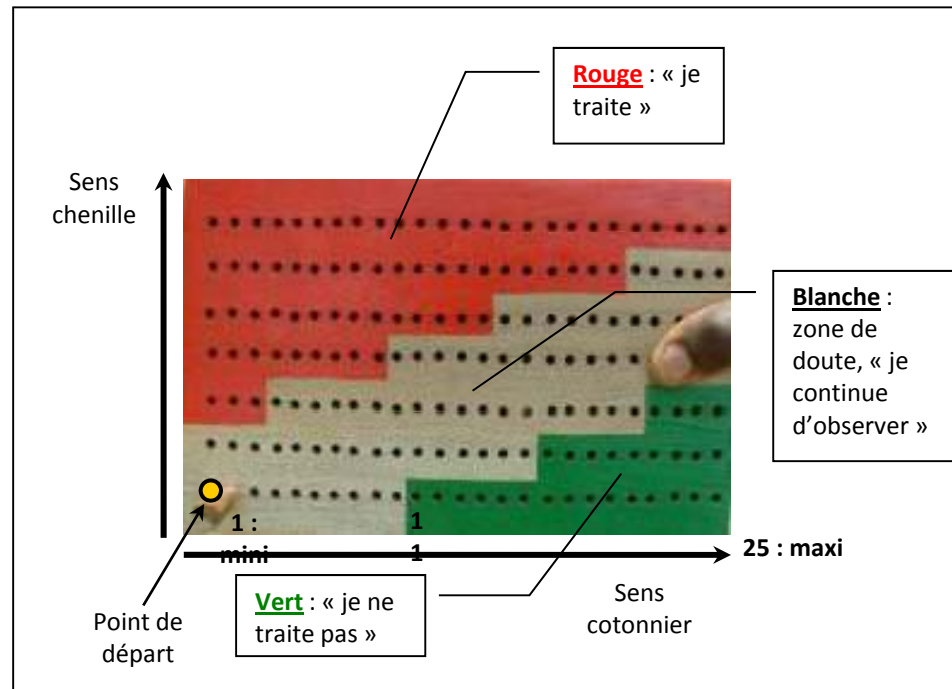


- plateforme d'échange d'information : <http://www.afroweeds.org/index.html>
- terrain prioritaire : dispositif CIRAD Divecosys

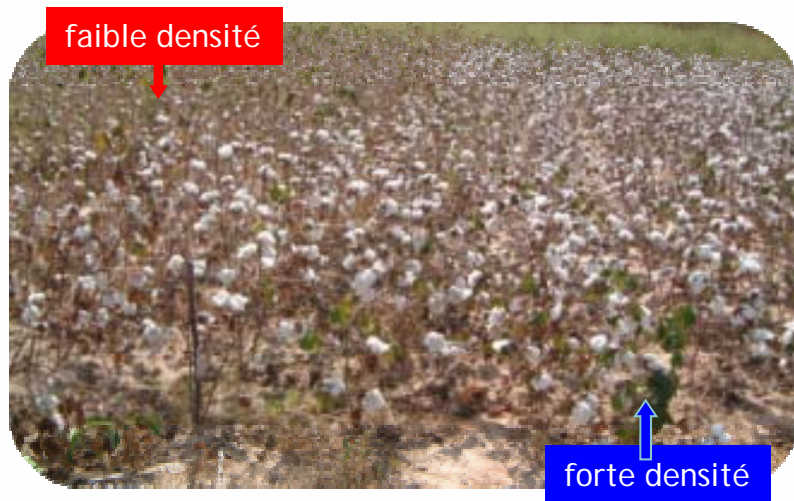
Gérer les ravageurs

La lutte (LOIC) continue...

Travaux de Cécile Gautier (V.I.E.) au Cameroun



Etudes sur Densité/écimage à 70 JAL/seuils (Mali)



Des dispositifs expérimentaux nouveaux

- doublement de la densité (16,7 vs 8,3 plants/m²)
 - augmentation de la production
 - précocité / évitement
- écimage des pieds de cotonniers (10 jours après l'apparition des fleurs)
 - suppression des sites de ponte
 - réduction du nombre de traitements
 - problème des temps de travaux (calendrier)

• Renou A., Téréta I., Vaissayre M., Mamoutou T. (2010). en cours.

Haute Densité en culture mécanisée: une réalité



Exemple: 0,38 à 0,45 cm (Brésil)

Des dispositifs expérimentaux nouveaux (diversité de cultures, associations végétales)



Dispositif de Sanguéré (IRAD, Cameroun)



Photos: Janine Jean

**Des dispositifs expérimentaux nouveaux (diversité de cultures,
associations végétales)**



Tournesol,



Tagetes

Dispositif de Angaradebou (Bénin)

Photos: Philippe Menozzi



Fig. 1. Dispositif d'étude du potentiel de plantes-pièges (Pois d'angle et sorgho) implantées en bordure de parcelles de gombo pour la régulation des populations et dégâts d'H. armigera



Fig. 2. Pontes (à gauche) et larve (à droite) d'H. armigera sur inflorescence de pois d'angle



Fig. 3. Dispositif BDL à Sadore



Fig. 4. Récolte du gombo dans une parcelle bordée de pois d'angle dans le dispositif BDL de Sadore



Fig. 5. Infestation du gombo par H. armigera (Koussi)

Des dispositifs expérimentaux nouveaux (**Niger**)

Leader: Alain Ratnadass

The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management

Samantha M. Cook,¹ Zeyaur R. Khan,² and John A. Pickett¹

¹Rothamsted Research, Harpenden, Hertfordshire, AL5 2JQ, United Kingdom; email: sam.cook@bbsrc.ac.uk, john.pickett@bbsrc.ac.uk

²International Centre of Insect Physiology and Ecology, Nairobi, Kenya; email: zkhan@icipe.org

Action Thématique
Programmée « Oméga 3 »

CIRAD, URs HORTSYS et SCA

Site web: <http://www.cirad.fr>



Source: Alain Ratnadass



Echelle du plant

Cotonniers Génétiquement Modifiés ?

La politique du CIRAD en matière d'OGM: **un soutien affiché**

Après les destructions d'OGM par des "faucheurs volontaires" qui ont saccagé des essais scientifiques à Colmar, Gérard Matheron, président directeur général du Cirad, a adressé à Marion Guillou, présidente directrice générale de l'Inra, le message de soutien suivant :

" Je suis outré de cet acte de vandalisme hors la loi qui vient encore une fois attaquer la recherche française et par là même notre autonomie et indépendance nationale. Je suis outré des comportements délinquants de minorités anti-citoyennes qui bafouent la légitimité de nos travaux et des engagements largement débattus. Je suis outré de l'irrespect à l'égard des collègues qui, quelque soit leur positionnement à l'Inra, se sont beaucoup investis pour mener ces essais avec rigueur transparence et professionnalisme. Comment ne pas condamner avec véhémence ces actes barbares qui attaquent à travers la grande et respectable maison que tu présides tous nos organismes. Je tiens à t'exprimer la plus grande solidarité du Cirad, de ses agents et de nos partenaires qui eux aussi ne peuvent admettre de voir notre nécessaire connaissance iniquement amputée. "

Gérard

Matheron

Président directeur général du Cirad (site web Cirad, septembre 2010)

La politique du CIRAD en matière d'OGM : un avis exprimé

**Avis du comité d'éthique du Cirad sur
les OGM végétaux (10 novembre 2005)**

« Le présent avis n'engage toutefois que les membres du comité d'éthique du CIRAD ».

La situation des cotonniers Bt en Afrique



coton Bt

Grown commercially



Heliothines
(and also pink
bollworm and *Earias*)

Cry1Ac (Bollgard, Ingard)

Cry1Ac-b

Cry1Ac-b/CpTI

Cry1Ac/2Ab (Bollgard II)

Cry1Ac/1F (WideStrike)

wider
spectrum

With approval

Cry1Ab/Vip3A (VipCot)

Under development

wider spectrum against lepidopterans

Cry1Ac/2Ab/1F

(Source: Juan Ferré, Valencia, Espagne, 06-2010)

Effet de la toxine **Cry1Ac** sur les Lépidoptères du cotonnier

Amérique latine	Afrique sub-saharienne
<i>Alabama argillacea</i> Bt + <i>Pseudoplusia includens</i> <i>Spodoptera eridania</i> <i>Spodoptera frugiperda</i> <i>Heliothis virescens</i> Bt + <i>Helicoverpa zea</i> Bt <i>Pectinophora</i> <i>gossypiella</i> Bt +	<i>Syllepte derogata</i> Bt + <i>Anomis flava</i> ? <i>Spodoptera littoralis</i> ? <i>Heliothis armigera</i> Bt + <i>Diparopsis watersi</i> Bt + <i>Cryptophlebia</i> <i>leucotreta</i> ? <i>P. gossypiella</i> Bt +

Toxines **Cry1Ac** + **Cry1Fa**

Agallia albidula



Spodoptera spp.



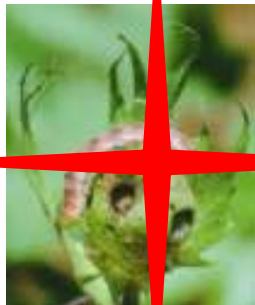
Anthonomus grandis



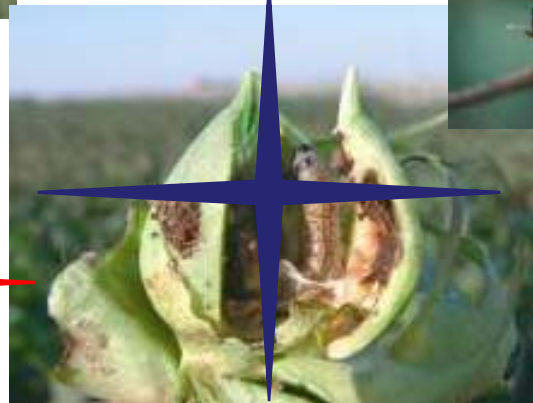
Pectinophora gossypiella



Bemisia tabaci



Heliothis virescens



Spodoptera frugiperda

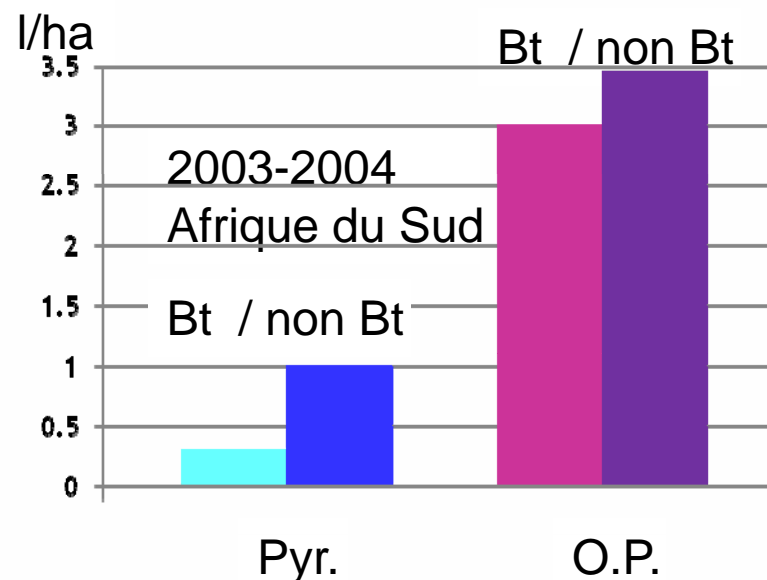


Alabama argillacea

Les acquis du CIRAD (ex Programme Coton)

(1) Impact de la culture du coton Bt sur l'usage des insecticides

- réduction des pyréthrinoïdes, mais pas d'abandon total
- maintien, voire progression des organophosphorés (Afrique du Sud)
- développement des ravageurs secondaires (Brésil)



une réduction de l'emploi des insecticides variable

- Hofs J.L., Fok M., Gouse M., Kirsten J.F. (2006). Revue tiers monde.
- Hofs J.L., Fok M., Vaissayre M. (2006). Crop protection.
- Vohk P.H.F., Silvie P., Takizawa E., Lima de Almeida Melo F., Dioum C., Colpani E.K.C.M. (2007). VI Congresso Brasileiro do Algodao, Uberlândia, Brésil.
- Capelari R., Betiol A., Silvie P., Correa Lima A., Takizawa E.K. (2008). XXII Congresso Brasileiro de Entomologia.

Les acquis du CIRAD (ex Programme Coton)

(2) Stratégie de gestion de la **résistance à la toxine**

- sensibilité moyenne des populations de *H. armigera* aux toxines Bt
- faible contribution des refuges « naturels » au pool d'individus
- risques de mélanges de semences Bt/non Bt

nécessité d'une mise en place de refuges (>50%)
pour prévenir la résistance en Afrique de l'Ouest

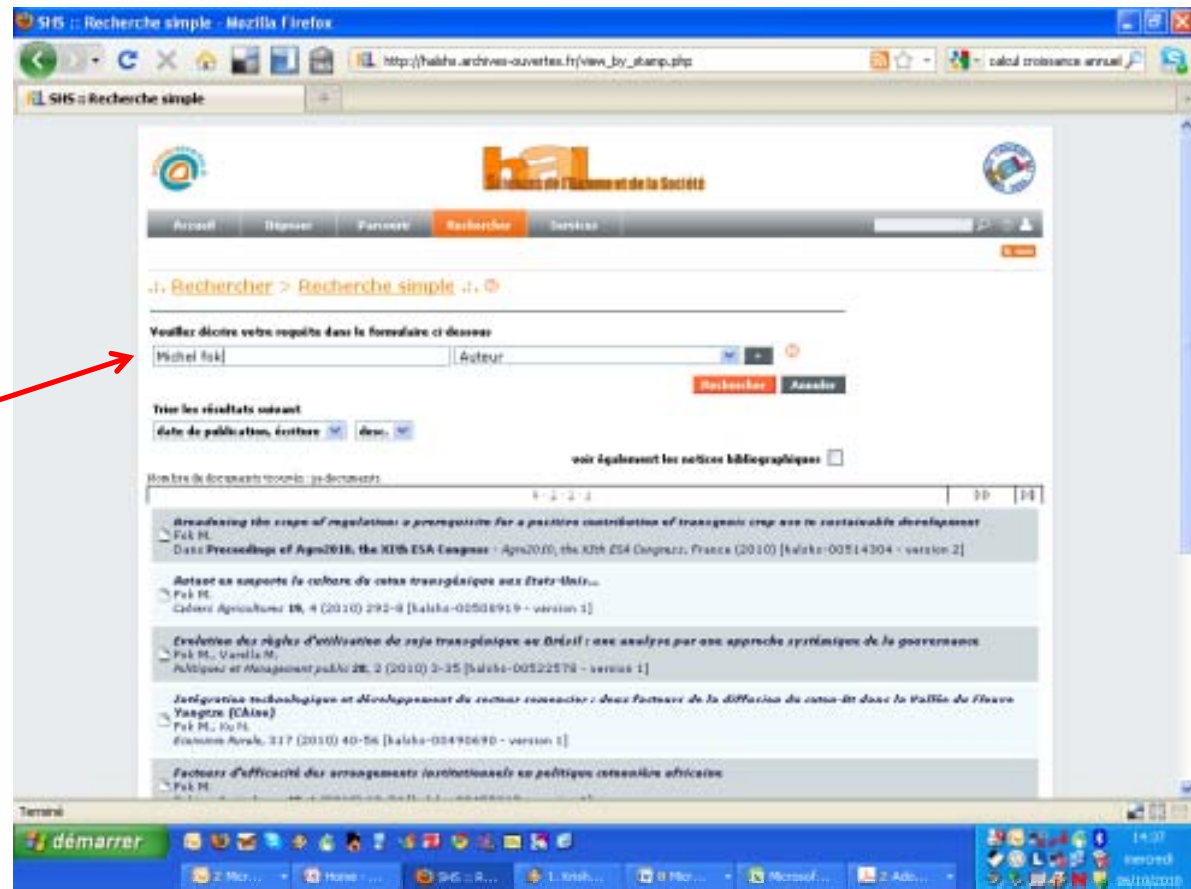
- Brévault T., Nibouche S., Achaleke J., Carrière Y. (soumis).
- Heuberger S., Crowder D., Tabashnik B.E., Brévault T., Carrière Y. (2010). Pest Management Science.
- Nibouche S., Guérard N., Martin P., Vaissayre M. (2007). Crop Protection
- Djihinto A., Katary A., Prudent P., Vassal J.M., Vaissayre M. (2009). Journal of Economic Entomology.

Les acquis du CIRAD (ex Programme Coton)

(3) Etudes holistiques (dont socio-économie)

Travaux de Michel Fok
(CIRAD, UR SCA)

Taper « Michel Fok »



http://halshs.archives-ouvertes.fr/view_by_stamp.php

Avec le cotonnier Bt (**Cry1Ac**) quoi de neuf chez les ravageurs ?

Nouveaux ravageurs signalés

Chenilles

Spodoptera litura (Chine, Asie, Australie)

Spodoptera eridania, *Pseudoplusia includens* (Brésil)

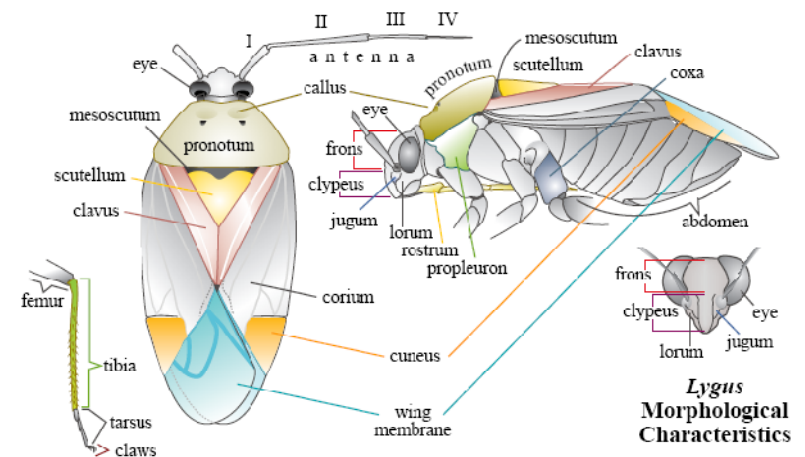


Punaisses

Australie: Miridae (*Creontiades dilutus*), Pentatomidae (*Nezara viridula*)

Chine: Miridae (*Lygus lucorum*, *Adelphocoris fasciaticollis*, *A. lineolatus*)

USA: Miridae (*Lygus lineolaris*, *Lygus hesperus*, *Lygus elisus*) Pentatomidae (*Euschistus servus*, *Nezara viridula*, *Acrosternum hilare*)



Les recherches entomologiques en cours au CIRAD

Gestion de la résistance à la toxine

- Sensibilité des populations de *H. armigera* aux toxines Bt au Cameroun
- Impact de mélanges de semences Bt/non Bt aux USA (Tucson)
- Projet FSP Coton



Photos: Thierry Brévault, Janine Jean

Thématiques liées à l'évaluation des CGM

Projet FSP Coton



Volet 1.1 : appui à la mise en place d'une plate-forme régionale pour les biotechnologies

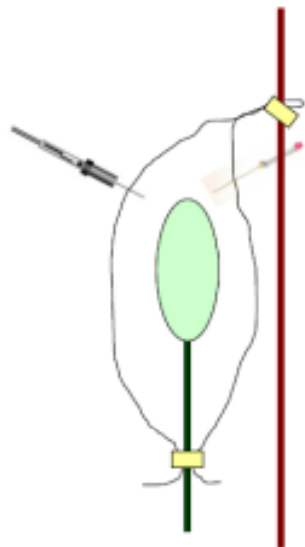
Les Activités	Les Résultats attendus
Constitution d'un réseau fonctionnel d'évaluation des impacts et de gestion durable des CGM (coton Bt)	<ul style="list-style-type: none">• Chercheurs du Sud formés à l'évaluation des risques• Contribution au renforcement du réseau biotechnologie CORAF en liaison avec UEMOA-CEDEAO.
Mise au point de méthodes expérimentales pour l'évaluation des CGM.	<ul style="list-style-type: none">• Gestion de la coexistence entre filières;• Mise au point d'outils de mesure des impacts en fonction des situations locales• développement d'outils de traçabilité et de détection des CGM.
Production de connaissances sur les systèmes de production à base de CGM.	<ul style="list-style-type: none">• Inventaire de l'entomofaune auxiliaire• Interactions environnement-efficacité• Niveau de sensibilité des toxines• Inventaire et importance des refuges chez <i>H. armigera</i>.

(Source: J.L. Hofs & Ph. Menozzi, Journées Persyst, 6-07-2010)

Autres perspectives récentes de recherches au CIRAD

Ecologie chimique (composants volatiles)

Etudes prévues à Montpellier
(CEFE- CIRAD)



Un exemple en Australie...contre *H. armigera* et *H. punctigera*



MAGNET® insect **attractant** technology

VIVUS® polyhedral inclusion bodies (PIBs)
of the nucleopolyhedrovirus (NPV) of *H. armigera*

Ag Biotech Australia Pty Ltd
Mobile: 0425 232 052
Email: ahawes@agbiotech.com.au
(The Australian cottongrower)



P. Silvie - Séminaire Géocoton - 13 octobre 2010

Discussion

